

Глазкова С.А., студент  
Гроховский В.И., доц., канд. техн. наук  
Петров М.С., инженер  
Кадушников Р.М., канд физ.- мат. наук

## КОНТРОЛЬ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛЯХ И СПЛАВАХ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Неметаллические включения являются важнейшим фактором, характеризующим "металлургическое" качество материала. Они оказывают решающее влияние на весь комплекс служебных свойств. Однако не только количество включений определяет свойства, но еще в большей степени влияет их природа, форма, размер и распределение в металле. Иногда наличие нескольких крупных включений или скопление более мелких может значительно ухудшить физические свойства таких материалов, как, например, кордовая, инструментальная и рельсовая стали или высокопрочные сплавы. Проблема контроля неметаллических включений является вероятностной, т.е. основанной на оценке не только общего количества включений, но и влиянии критического размера включений, оценке влияния состава и распределения включений по размерам для сталей конкретного назначения, применении методик отбора достоверных проб и объективных методов исследования.

Наиболее распространенным способом оценки загрязненности стали микровключениями является исследование на оптическом микроскопе. Такой метод определения степени загрязненности стали требует высокой квалификации оператора и тщательного выбора критериев оценки металла плавов на основании оценок образцов.

Современная металлографическая лаборатория вынуждена справляться с решением большого объема задач, причем это и задачи текущего контроля изделий, и исследовательские работы. В настоящее время все большее значение придается точности и экспрессности контроля. Методы ручного анализа путем сравнения с эталонными шкалами становятся непригодными при решении арбитражных вопросов. Повысить точность анализа, сократить время контроля, получить отчет, имеющий юридическую силу, можно с помощью системы анализа изображений.

Существует множество различных нормативных документов на контроль загрязненности материалов неметаллическими включениями. Каждая страна формулирует свои требования к производителям, часто похожие на требования стандартов других стран. Большинство нормативных документов разработаны и введены задолго до появления современных систем анализа изображений, а потому рассматривают достаточно ограниченный набор параметров в силу рутинного способа их получения.

В данной работе предложен модульный подход к разработке автоматизированных методик анализа загрязненности материалов и сплавов неметаллическими включениями с помощью анализатора изображений SIAMS 700. На основе существующих стандартов на неметаллические включения предлагается выделить несколько универсальных блоков анализа

неметаллических включений, с помощью которых реализуются алгоритмы автоматизированных методик оценки загрязненности сплава.

1. Ввод. Предлагается несколько вариантов модулей (съемка, загрузка из файла, ввод со сканера).
2. Сшивка. Реализуется в случае сканирующей съемки образца для получения полной картины. Каждое изображение сшивается с четырьмя «соседями» для правильной оценки включений, попадающих на границу поля зрения.
3. Предобработка. На этом этапе производится адаптация изображений, полученных с разных устройств ввода. В работе предложено несколько вариантов выравнивания неоднородности освещения и контрастирования.
4. Выделение маски. На основе яркостных характеристик выделяется битовая маска включений. В результате получается бинарное изображение того же размера, что и исходное, с белыми объектами на черном фоне. При этом в маску попадают и различные артефакты: царапины, остатки полировочных материалов, капли воды, загрязнения на оптике микроскопа и камеры. Поэтому прежде чем приступить к классификации включений, проводят несколько операций, чтобы избавиться от дефектов на изображении.
5. Классификация. Классификация осуществляется в соответствии с нормативными документами, по которым проводится анализ. Разделение включений проводится на основе морфологических характеристик. При этом каждый стандарт выделяет свои типы включений, поэтому данный этап будет индивидуальным для каждого случая. В работе предложены несколько вариантов.
6. Измерения. Измерения тоже проводятся в строгом соответствии с нормативными документами. При этом каждый из стандартов включает несколько различных методов измерений. Основными измеряемыми параметрами являются размеры включений и их объемная доля. Измерение размеров частиц сводится к прямому измерению их проекций, а объемная доля косвенно измеряется планиметрическим или точечным методами.
7. Генерация отчета. Завершающим этапом анализа является автоматическая генерация отчета в формате MS Word, содержащего результаты и примеры проанализированных изображений (выбираются оператором).

С использованием модульного подхода была разработана автоматизированная методика «Определение объемной доли неметаллических включений в уране», реализованная с использованием технологии электронных таблиц SIMAGIS на базе стандартного интерфейса SIAMS 700. Разработана сопутствующая документация, проведена метрологическая аттестация, получено свидетельство. На основе методики разработана лабораторная работа по курсу «Материаловедение» для студентов кафедры ФМПК.